

# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>4</b>
1.1. Motivación del trabajo . . . . .	4
1.2. Caracterización del problema . . . . .	5
1.3. Hipótesis y objetivos . . . . .	6
1.4. Metodología . . . . .	7
<b>2. Estado del arte</b>	<b>9</b>
2.1. Definición de buque de guerra y EE . . . . .	9
2.2. Evolución histórica del buque de guerra . . . . .	12
2.2.1. Clasificación de los buques de guerra . . . . .	14
2.2.2. Los sistemas de generación de energía embarcados . . . . .	16
2.3. Parámetros de diseño del buque de guerra . . . . .	21
2.3.1. Dimensiones principales y estudio estático . . . . .	21
2.3.2. Estudio dinámico . . . . .	24
2.4. El consumo energético en buques de guerra . . . . .	25
2.4.1. La propulsión . . . . .	25
2.4.2. Gobierno del buque . . . . .	27
2.4.3. Balance eléctrico del buque . . . . .	27
2.4.4. Estructura analítica del buque de guerra . . . . .	30
2.4.5. Modos de navegación del buque de guerra . . . . .	31
2.5. Gestión energética y la ISO 50001 . . . . .	33
2.6. Normativa de EE en el sector naval . . . . .	34
2.6.1. El EEDI . . . . .	35
2.6.2. El SEEMP . . . . .	38
2.6.3. El EEOI . . . . .	40
2.6.4. El SNV . . . . .	41
2.6.5. El SRDCCB . . . . .	42
2.7. Técnicas y tecnologías para la mejora de la EE . . . . .	43
2.7.1. Mejoras en el diseño del buque . . . . .	44
2.7.2. Mejoras aplicadas a los sistemas embarcados . . . . .	47
2.7.3. Mejoras en el uso de los combustibles . . . . .	49
2.7.4. Mejoras y estudios en EE de las marinas de guerra . . . . .	51
2.8. Herramientas matemáticas para la EE . . . . .	53
2.8.1. Matemática estadística . . . . .	53
2.8.2. Control estadístico de la calidad de procesos . . . . .	65
2.8.3. Gráficos de control . . . . .	71
2.8.4. Gráficos de control multivariante . . . . .	81
2.8.5. Gráficos de control por atributos . . . . .	84

2.8.6. Medida del desempeño por el procedimiento ARL . . . . .	86
2.8.7. Algoritmos exactos y aproximados . . . . .	87
2.8.8. Heurística y metaheurística . . . . .	87
2.8.9. Algoritmos genéticos (GA) . . . . .	91
2.8.10. Modelos y regresiones . . . . .	93
2.9. Sistema, variable y modelado . . . . .	99
2.10. Análisis de variables de los sistemas energéticos . . . . .	101
2.11. Simulación de modelos de sistemas energéticos . . . . .	102
2.12. Conclusiones del capítulo . . . . .	103
<b>3. Trabajo de campo</b>	<b>105</b>
3.1. Documentación técnica empleada y capacitación . . . . .	105
3.2. Caracterización del sistema objeto de estudio . . . . .	105
3.2.1. El balance eléctrico de la F-105 y su reparto . . . . .	107
3.3. Caracterización del entorno geográfico y temporal . . . . .	118
3.3.1. Coordenadas geográficas . . . . .	118
3.3.2. Husos horarios . . . . .	119
3.3.3. Cálculo de las distancias recorridas sobre el Globo . . . . .	121
3.3.4. Descripción de los desplazamientos respecto del tiempo . . . . .	124
3.3.5. Caracterización de los desplazamientos oceánicos . . . . .	127
3.4. Los viajes . . . . .	128
3.5. Variables consideradas . . . . .	129
3.6. Herramientas empleadas en la toma de datos . . . . .	134
3.6.1. El SICP . . . . .	134
3.6.2. La estación meteorológica . . . . .	138
3.6.3. Datos de consumo de combustible . . . . .	140
3.7. Características de las bases de datos . . . . .	141
3.7.1. Dimensiones de las matrices de datos . . . . .	143
3.8. Desglose de las STD . . . . .	144
3.8.1. Datos del viaje de pruebas en Ferrol . . . . .	145
3.8.2. Datos del viaje de Cádiz a Ferrol . . . . .	145
3.8.3. Datos del viaje a EE.UU. . . . .	146
3.8.4. Datos del viaje a Australia . . . . .	147
3.9. Preparación y ordenación de los datos . . . . .	148
3.10. Validación de los datos . . . . .	149
3.11. Conclusiones del capítulo . . . . .	150
<b>4. Análisis de los datos</b>	<b>152</b>
4.1. Análisis del balance energético de diseño . . . . .	152
4.2. Análisis gráfico de los datos . . . . .	156
4.2.1. Análisis gráfico del viaje de prueba en Ferrol . . . . .	156
4.2.2. Análisis gráfico del viaje de Cádiz a Ferrol . . . . .	159
4.2.3. Análisis gráfico del viaje a EE.UU. . . . .	163
4.2.4. Análisis gráfico del viaje a Australia . . . . .	169
4.3. Análisis de correlaciones . . . . .	173
4.3.1. Correlaciones del viaje de prueba en Ferrol . . . . .	174
4.3.2. Correlaciones del viaje de Cádiz a Ferrol . . . . .	176
4.3.3. Correlaciones del viaje a EE.UU. . . . .	180

4.3.4. Correlaciones del viaje a Australia . . . . .	186
4.4. Análisis de gráficos de control . . . . .	193
4.4.1. Gráficos de control del viaje de prueba en Ferrol . . . . .	194
4.4.2. Gráficos de control del viaje de Cádiz a Ferrol . . . . .	198
4.4.3. Gráficos de control de los viajes de EE.UU. y Australia . . . . .	202
4.5. Cálculo y análisis del EEOI . . . . .	209
4.5.1. El EEOI del buque analizado . . . . .	210
4.5.2. Análisis del consumo de combustible . . . . .	215
4.5.3. Análisis del EEOI calculado en base a los modos . . . . .	217
4.5.4. Comparación del EEOI calculado con el de mercantes . . . . .	219
4.6. Simulación numérica . . . . .	220
4.7. Planteamiento de un modelo de regresión lineal múltiple de consumo	223
4.8. Conclusiones del capítulo . . . . .	226
<b>5. Conclusiones y líneas futuras</b>	<b>229</b>
5.1. Conclusiones . . . . .	229
5.2. Líneas futuras . . . . .	230
<b>Bibliografía</b>	<b>230</b>